

Development of mylonite in the Hatakawa Shear Zone, Northeast Honshu, Japan. (東北日本畑川破碎帯におけるマイロナイトの発達過程)

著者	越谷 信
号	1078
発行年	1988
URL	http://hdl.handle.net/10097/24940

氏名・(本籍)	こし 越	や 谷	しん 信
学位の種類	理	学	博 士
学位記番号	理博第	1 0 7 8	号
学位授与年月日	昭 和 63 年	3 月	25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当		
研 究 科 専 攻	東北大学大学院理学研究科 (博士課程) 地学専攻		
学位論文題目	Development of mylonite in the Hatakawa Shear Zone, Northeast Honshu, Japan. (東北日本畑川破碎帯におけるマイロナイトの発達過程)		
論文審査委員	(主査) 教 授 中 川 久 夫		
	教 授 小 高 民 夫 教 授 高 柳 洋 吉		

論 文 目 次

1. Introduction
2. Acknowledgments
3. Review of quartz c-axis fabric
 - 3-a. Quartz c-axis fabric of natural rocks
 - 3-a-1. Classification of c-axis fabric pattern
 - 3-a-2. Relationship between strain geometry and c-axis fabric pattern
 - 3-a-3. Relationship between metamorphic grade and c-axis fabric pattern
 - 3-b. Asymmetry of quartz c-axis fabric due to non-coaxial deformation
 - 3-c. Quartz c-axis fabrics of experimentally deformed rocks
 - 3-d. c-axis fabrics by computer simulation models
 - 3-d-1. The model by Etchecoper (1977)
 - 3-d-2. The model by the Taylor-Bishop-Hill analysis

4. Geological setting of the Hatakawa Shear Zone
5. Deformation process of mylonitization
 - 5-a. General description of mylonites
 - 5-b. Methodology
 - 5-b-1. Strain analysis — R_f - ϕ method —
 - 5-b-2. Dimensional properties of quartz grains
 - 5-c. Development of mylonites
 - 5-c-1. General remarks
 - 5-c-2. Uketo river route
 - 5-c-3. Koidedani route
 - 5-c-4. Discussion
 - 5-d. Quartz c-axis fabric
 - 5-d-1. Classification of quartz c-axis fabric in the Uketo and koidedani routes
 - 5-d-2. Relationship between c-axis fabric and strain geometry
 - 5-d-3. Relationship between c-axis fabric and metamorphic grade
 - 5-d-4. Relationship between c-axis fabric and microstructure of quartz grains
 - 5-d-5. Discussion
 - 5-e. Modo route
 - 5-e-1. Quartz c-axis fabric
 - 5-e-2. Microstructure of quartz grains
 - 5-e-3. Relationship between mylonitization and cataclasis
6. Fault activity in the Hatakawa Shear Zone
 - 6-a. Sense of shear during mylonitization
 - 6-b. Period of the activation of the Shear Zone
7. Conclusions
- Refernces

論文内容要旨

マイロナイトは地殻深部剪断帯において延性的変形により形成された岩石である。花崗岩類を原岩とするマイロナイトでは、この延性的変形過程は石英の微細構造・格子定向配列によって特徴づけられる。本研究では、畑川破碎帯中のマイロナイトを対象とし、non-coaxial deformation において石英の微細構造の発達過程を、とくに粒径や配列方向の変化に注目して解析し、マイロナイトの面構造の形成過程を考察した。また、石英 c 軸ファブリック（格子定向配列）と歪モード・変成度などの変形条件との関連、微細構造との対応関係をも検討した。これらの解析結果をもとに、畑川破碎帯の断層活動史を検討した。

歪は石英の集合体を指標として用い、 $R_f-\phi$ 法により算出した。個々の石英粒子の粒径および伸長方向は、マイロナイトの面構造に垂直で線構造に平行な岩石薄片上で測定した。石英の c 軸ファブリックは U-stage 法を用いて算出した。

石英 c 軸ファブリックについてのレビュー

本章では天然のテクトナイト、高温高压実験およびコンピュータ・シミュレーションによる石英 c 軸ファブリックについて系統的に分類・整理し、歪量・歪モード・変成度・non-coaxial deformation による非対称性との関係について議論した。

畑川破碎帯の地質学的位置

畑川破碎帯は東北本州弧に発達する NNW 性断層群の一つであり、日詰-気仙沼断層・双葉破碎帯・棚倉破碎帯などとともに、後期白亜紀に左横ずれ断層として活動したと考えられている。畑川破碎帯は阿武隈山地東縁に位置し、阿武隈帯と南部北上帯を境している。阿武隈山地を構成する花崗岩類は、古期花崗閃緑岩類・新期侵入岩類に大別され、後者はさらに侵入順に新期花崗閃緑岩類・灰色花崗岩・淡紅色花崗岩に細分される。畑川破碎帯周辺には新期花崗閃緑岩類・淡紅色花崗岩が分布する。これらの岩石は大部分マイロナイト化をうけており、一部ではさらに粉碎され、カタクラサイト・断層ガウジになっている。

マイロナイトの発達過程

畑川破碎帯に発達するマイロナイトの 4 つの構造要素は、石英の集合体、有色鉱物よりなる縞状構造、長石類のポーフィロクラストおよび石英・長石類の細粒粒子よりなるマトリックスである。縞状構造はマイロナイトの面構造 (Sm) や線構造 (Lm) を規定する。石英の集合体は一般に楕円体状をなし、その長軸は Sm に斜交し、Lm 方向に最も伸長している。石英の集合体は歪楕円体に近似できるから、これらの構造は Sm を剪断面、Lm を剪断方向とした non-coaxial deformation により形成されたとみなせる。石英粒子の形態定向配列もこのことを支持する。

石英の微細構造の発達過程は、請戸川上流地域と小出谷地域に分布するマイロナイトのうち、石英 c 軸ファブリックが type I crossed-girdle パターンのものを用いて検討した。

- 石英の集合体によって示される歪の最大伸長軸の方向は、歪の増大に伴い、はじめ Lm に平行であるが、急激に反時計回りに斜交角を大きくし、その後再び平行になる。
- 石英粒子の長軸方向と Lm とのなす角度もおおむね歪主軸と同じであるが、細部では異なる。石英粒子の場合、長軸方向と Lm のなす斜交角は、はじめ Lm にほぼ平行であったものが、歪の増大に伴い、急激に増加し、その後やや減少する。さらに、歪が十分大きくなると斜交角は徐々に増加し、再び急激に減少する。ただし、小出谷地域ではこの変化の後半部のみが認められる。
- 石英粒子の粒径分布は、歪が小さいときには、粗粒なもの (700 μm 以上) から細粒なもの (300 μm 以下) まで様々である。歪が十分大きくなると、細粒な粒子のみで構成されるようになる。この粒径分布の変化は先に述べた石英粒子の斜交角の再増加に対応している。
- 個々の粒子の伸長度は、粒径の大きいものほど、歪の増大に伴い増加する傾向がある。
- 粗粒な粒子では、歪の増大とともに斜交角が小さくなるのに対し、細粒な粒子では大小様々である。ただし、大部分の粒子の長軸は Lm に対し反時計回りに斜交する。

石英粒子の細粒化は主に動的再結晶によること、また、粒子や集合体の斜交角の減少は剪断歪によると考えられるので、マイロナイトの面構造や石英の微細構造の発達過程は以下になる。面構造は変形の初期には有色鉱物の受動的回転によって形成される。このとき石英も受動的に回転し、面構造に平行に配列する。面構造という異方面が形成され、これが剪断面として挙動するようになると、石英粒子や集合体は新たな方向から剪断歪をうけ、その斜交角は増加する。剪断歪の増加に伴い、斜交角は減少するが、歪が十分大きくなると粒子が再結晶し始め、主に“finite strain clock”により、粒子の斜交角は再び増大する。さらに、剪断歪が増加すると斜交角は減少する。このことから、再結晶の主要な時期は 1 回のみであって、本地域のマイロナイトの面構造は“steady-state foliation”にはなっていないと考えられる。

請戸川上流地域・小出谷地域のマイロナイトの石英 c 軸ファブリックには type I crossed-girdle パターンと type II crossed-girdle パターンの 2 つのタイプがある。後者は type II パターンの中でも典型的なものではなく、むしろ Y-maximum パターンに類似する。type I パターンを示すマイロナイトは新期花崗閃緑岩類を原岩としており、変形時の変成度は鉱物組合せより緑色片岩相である。type II パターンを示すものは、淡紅色花崗岩またはその近傍の花崗閃緑岩を原岩とし、緑色片岩相またはそれより高変成度である。このことより、type II パターンは type I パターンよりも高温下で形成され、その熱源は淡紅色花崗岩であると考えられる。

type I パターンを示すマイロナイトの歪モードは平面歪～general flattening であり、type II パターンのそれは平面歪～constrictive である。この関係は Taylor-Bishop-Hill 理論に基づく歪モードの温度依存性のモデルを支持する。

再結晶した細粒石英粒子の微細構造と石英 c 軸ファブリックの間には一定の関係がある。

type I パターンを示すマイロナイト中の再結晶石英粒子は、伸長度が大きく、粒界が鋸歯状で、著しい波状消光を示す。一方、type II パターンを示すものの粒子は、伸長度が小さく、粒界は直線状またはゆるい曲線状で、波状消光も弱い。平均粒径が40~60 μm であることを除けば、前者の微細構造は Masuda & Fujimura¹⁾ の S-type に対比され、後者のそれは P-type に対比される。S-type が低温-高歪速度、P-type が高温-低歪速度の下でそれぞれ形成されることと、type II パターンが type I パターンより高温で形成されることは調和的である。これは、微細構造の遷移の起こる温度-歪速度領域と石英 c 軸ファブリックの遷移領域の一致を示す。

畑川破碎帯南部の毛戸地域には、著しくマイロナイト化された花崗閃緑岩とほとんどマイロナイト化されていない淡紅色花崗岩が分布する。花崗閃緑岩のマイロナイトはその構造を微小断裂によって切られ、その一部はカタクラサイト化している。この微小断裂は細粒で定向配列をもたない黒雲母や普通角閃石により充填されている。この鉱物組合せは角閃岩相の変成度を示す。つまり、本地域の花崗閃緑岩はマイロナイト化をうけた後、カタクラサイトを被り、そのときの変成度は角閃岩相であったということになる。また、淡紅色花崗岩は、火成活動の最終段階で進入したもので、ほとんどマイロナイト化をうけていないことから、この角閃岩相の変成の熱源は淡紅色花崗岩であったと結論される。この高温の条件下でマイロナイト化が進行せずカタクラサイト化が起きたのは、本地域がすでに浅所に隆起していたためと考えられる。このことは毛戸地域周辺の最新期進入岩類に斑状組織をもつものが多いという事実と調和的である。

畑川破碎帯の断層活動

前述のマイロナイト中の石英粒子や集合体の Sm に対する非対称構造から、薄片スケールでの剪断のセンスが決定できた。畑川破碎帯周辺での Sm の走向は破碎帯のトレンドとほぼ平行であり、その傾斜はほとんど垂直である。また、Lm のプランジ角はほぼ水平である。さらに、上述の方法により求めた薄片スケールでの剪断のセンスは測定した全ての試料で左横ずれである。したがって、マイロナイト形成時に畑川破碎帯は左横ずれ剪断帯であったと結論される。破碎帯内に発達する断層ガウジ帯の断層面の走向は破碎帯のトレンドと一致し、その傾斜はほぼ垂直である。その断層面上の条線はほぼ水平である。したがって、畑川破碎帯は断層ガウジ形成時にも横ずれ運動をしたといえる。

畑川破碎帯の断層活動は、淡紅色花崗岩進入時に、北部ではマイロナイト化が、南部ではより浅所でカタクラサイト化が進行していた。畑川破碎帯は南端で基底がセノニアン世の双葉層群におおわれている。したがって、断層活動は後期白亜紀セノニアン世以前に終了した。

参考文献

- 1) Masuda, T. and Fujimura, A., Tectonophysics, v. 72, p 105, (1981).

論文審査の結果の要旨

本論文は地殻深部の剪断帯において圧碎されて生ずるマイロナイトの発達過程を阿武隈山地東縁部の畑川破碎帯において追究し、破碎帯の運動史を考察したものである。

このマイロナイトは花崗岩を原岩とし、延性的変形を受けて、石英の微細構造と格子定向配列を特徴としている。はじめに石英c軸ファブリックと変形条件・変成度などとの関係について検討した上で、畑川破碎帯のマイロナイトについて石英の集合体・有色鉱物より成る縞状構造・長石類のポーフィロクラスト・石英・長石類の細粒子より成るマトリックスを構造要素としてとりあげ、マイロナイトの面構造・線構造を規定する縞状構造と、ほぼ楕円体状の石英集合体の長軸・伸長方向との関係から、石英集合体を歪楕円体に近似するものとし、面構造を剪断面、線構造を剪断方向とした non-coaxial deformation によって形成されたものとみなした。

石英の微細構造の発達過程を各石英c軸ファブリックのマイロナイトについて検討し、石英集合体の示す歪の最大伸長軸方向及び石英粒子の長軸方向が歪の増大に伴って非単調的に変化する経過に注目し、同時に石英粒子の粒径分布と歪の大きさを求め、上記の方向変化の非単調的部分と増大した歪の下で細粒の石英粒子のみになることとの対応を指摘した。石英粒子の細粒化は動的再結晶により、また方向変化の一部は剪断歪によるものと考えて、マイロナイトの面構造と石英の微細構造の発達過程を考察した。また変形時の変成度を鉱物の組合せにより決定し、石英c軸ファブリックと変成度・温度との関係をつきとめ、熱源として火成活動末期の花崗岩を推定した。

再結晶した細粒の石英粒子の微細構造と石英c軸ファブリックとの関係を温度と歪速度によって、またそれによって微細構造の遷移を説明した。

畑川破碎帯はマイロナイト形成時に左横ずれ剪断帯であったこと、破碎帯内の断層ガウジ形成時にも横ずれ運動をしていたことなどをも指摘し、破碎帯の断層運動は火成活動末の花崗岩侵入時に、北部ではマイロナイト化が、南部ではより浅所でカタクラサイト化を伴って進行し、断層活動は後期白亜紀のセノニアン世以前に終了したと結論している。

以上は本論文の著者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって、越谷信提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。